СОВРЕМЕННЫЕ НАКОПИТЕЛИ НА ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКАХ (часть 2)

Вадим Морозов, Сергей Яценко (г. Ростов-на-Дону)

«Ничто не вечно» – это выражение применимо и к накопителям на жестких магнитных дисках. Как бы ни был надежен НЖМД, со временем и в нем происходят процессы разрушения и возникают неисправности. Попробуем разобраться с ними.

ТИПОВЫЕ НЕИСПРАВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ НЖМД

Во-первых, накопитель – это электромеханическое устройство, а любые механические детали изнашиваются, и в сочленениях появляется люфт. Многократные «взлеты и посадки» магнитных головок, происходящие каждый раз при старте и останове вращения магнитных дисков, разрушают защитный слой магнитных головок. Тем не менее, современная технология производства гарантирует достаточно длительный срок эксплуатации накопителей. Так, по информации «Руководства по эксплуатации накопителей Western Digital семейства Caviar BB/JB», минимальное количество контактов магнитных головок с поверхностью при старте/останове (Contact Start/Stop Cycles – CSS) составляет минимум 50 000 циклов, а неисправимая ошибка чтения появляется менее одного раза на 10^{14} считанных битов. Таким образом, минимальное время до какого-либо износа головок или поверхностей в результате таких контактов, при условии, что накопитель будет десять раз в день включаться и выключаться, составит свыше 14 лет, а одна неисправимая ошибка возникнет при чтении более 32 Тбит информации, что соответствует непрерывному просмотру видеофильмов в формате MPEG-4 в течение 7...10 лет.

Но в жизни мы часто сталкиваемся с совершенно иной ситуацией, когда новенький, только что купленный НЖМД после нескольких недель или месяцев эксплуатации выходит из строя. Многие современные накопители не выдерживают гарантийный срок эксплуатации. Кстати, все производители НЖМД, за исключением фирмы Samsung, не так давно сократили гарантийный срок с трех лет до одного года. В чем причины такого явления?

Неисправности из-за естественного старения НЖМД

При правильной эксплуатации с соблюдением всех технических требований в качественно изготовленном накопителе наблюдается процесс естественного старения. Сильнее всего ему подвержены магнитные диски. Во-первых, со временем ослабевает намагниченность минимальных информационных отпечатков – дибитов, и те участки дисков, которые раньше читались без проблем, начинают считываться не с первого раза или с ошибками. Во-вторых, происходит старение магнитного слоя дисков. В-третьих, на пластинах появляются царапины, сколы, трещины и пр. Все это приводит к появлению поврежденных секторов.

Процесс нормального старения дисков достаточно длительный и обычно растягивается на 3...5 лет. Следует отметить, что для НЖМД наиболее благоприятным является непрерывный режим работы, а не старт/стопный. Поэтому довольно долго служат накопители в постоянно работающих серверах, расположенных в специальном помещении или стойке, где поддерживаются нормальные климатические условия.

Неисправности, обусловленные неверным режимом эксплуатации

Наиболее распространенная причина отказов НЖМД связана именно с неверным режимом эксплуатации, к основным разрушающим факторам которого относятся *перегрев, ударные нагрузки и скачки напряжения питания*.

Перегрев возникает из-за недостаточного охлаждения корпуса и платы электроники накопителя. По данным «Руководства по эксплуатации накопителей Western Digital семейства Caviar BB/JB», допустимая температура накопителя в рабочем состоянии находится в пределах 5...55°С, при обязательной циркуляции воздуха. Последнее требование обусловлено тем, что некоторые микросхемы на плате электроники (контроллеры двигателей и т.п.) разогреваются гораздо выше указанной температуры, и требуется обеспечить отвод тепла от них. Теперь представим, что на улице лето, температура в помещении достигает 25...30°С (внутри системного блока она выше на 20...25°С), нормальная циркуляция воздуха отсутствует из-за плохой работы забитого пылью единственного вентилятора блока питания и плоского кабеля, закрывающего его решетку, а сам НЖМД «зажат» с двух сторон приводами CD-ROM и гибких дисков. Снятая боковина системного блока не помогает снизить температуру накопителя, т.к. не обеспечена циркуляция воздуха вокруг самого НЖМД.

Важным температурным показателем является скорость изменения температуры, которая не должна превышать 20°С/час в рабочем состоянии и 30°С/час в нерабочем. Превышение скорости разогрева очень опасно для механики накопителей и называется термическим ударом. В зимний период, когда Вы внесли НЖМД с холода в помещение с температурой 20°С и сразу включили его в работу, происходит резкий локальный нагрев отдельных частей гермоблока, что может вызвать микродеформацию точной механики накопителя. Для электронной части резкий перепад температуры тоже вреден.

Механические воздействия на гермоблок столь же губительны для прецизионных механических ча-

стей накопителя. В рабочем состоянии (см. РЭТ №3, 2003 г.) подпружиненные магнитные головки летят на небольшой высоте над дисками, вращающимися с большой скоростью. Ударное воздействие на гермоблок вызывает колебания головок, которые производят серию ударов по поверхности дисков, что неизбежно приводит к механическим повреждениям пластин и головок.

Серьезную опасность для электронной части НЖМД может представлять некачественный блок питания персонального компьютера. Для повышения рентабельности производители часто не устанавливают фильтрующие элементы как в первичной цепи (220 В), так и во вторичной цепи БП. Заявленная мощность БП иногда не соответствует действительности, а выходное напряжение оказывается не таким уж стабильным, хотя для накопителей параметры питающих напряжений жестко регламентированы. Так, по данным упомянутого выше «Руководства по эксплуатации», напряжения питания должны находиться в пределах +5 В ± 5% и +12 В ± 10% при допустимой амплитуде пульсаций 100 мВ и 200 мВ соответственно. Большинство специалистов, занимающихся обслуживанием компьютерной техники, для проверки источников питания используют вольтметры постоянного тока, подчас забывая, что важным параметром являются пульсации, которые можно оценить только при помощи осциллографа или специального вольтметра переменного тока.

Неисправности, связанные с ошибками в конструкции

В последнее время качество НЖМД снизилось, о чем свидетельствует значительное сокращение гарантийного срока эксплуатации основными производителями. Отчасти это связано с жесткой конкурентной борьбой между ними и, как следствие, постоянной ценовой «войной». Отчасти — с возрастающей информационной емкостью накопителей и, соответственно, повышением удельной плотности записи. Экономические требования вынуждают изготовителей НЖМД использовать не совсем отработанные решения, материалы и технологии, что приводит к попаданию «сырого» изделия на рынок. Производители анализируют поломки накопителей, возвращаемых по гарантии, и пытаются исправить конструктивные дефекты, но это удается не всегда. Теоретически при таком подходе к разработке и производству накопителей проблемы могут возникнуть в любой его части. Однако можно выделить наиболее распространенные дефекты.

Плохой контакт в игольчатом разъеме, соединяющем плату электроники и микросхему предусилителя на блоке головок. Последствий может быть достаточно много. В первую очередь, возникают «виртуальные» дефектные сектора. Их отличие от дефектных физических секторов заключается в том, что поверхность пластины остается невредимой, а в результате плохого контакта в разъеме происходит запись неверной информации в технологические байты сектора, например в поле CRC-кода. Этот дефект может привести к повреждению служебной информации, восстановить которую накопитель при следующем включении питания не сможет. Кроме того, пользовательский режим для подобного восстановления не предусмотрен. Восстановить служебную информацию можно только в технологическом режиме работы накопителя.

Некачественная пайка микросхем на заводе-изготовителе. Такие дефекты проявляются примерно через год эксплуатации накопителя, когда во время нормальной работы накопитель вдруг выключается и больше не запускается («зависает») либо начинает «стучать» головками, что может привести к повреждению механики и/или служебной информации.

Некачественные микросхемы, которые выходят из строя при длительном нагреве, не превышающем допустимые пределы. Дефект можно исправить заменой микросхемы.

Несовершенная конструкция гидродинамического подшипника, приводящая к возникновению в полости смазки частиц стружки и, как следствие, заклиниванию шпиндельного двигателя.

Некачественное крепление диска на шпинделе, в результате чего биение диска постоянно возрастает и вызывает разрушение подшипника в шпиндельном двигателе; появляется шум при работе накопителя, а через некоторое время — дефектные секторы, поскольку из-за биения диска «дальние» дорожки начинают плохо считываться.

Некачественные микросхемы ЭППЗУ (flash), которые могут потерять хранимую в них микропрограмму вследствие утечки заряда при нагреве. Перезаписать ПЗУ можно на специальном программаторе либо в технологическом режиме работы накопителя.

Ошибки в микропрограмме управления накопителем. Производители накопителей не публикуют информацию о характере ошибок и их последствиях, но обновления микропрограмм выпускают достаточно регулярно. Сомнительно, что эти ошибки никак не влияют на работоспособность НЖМД, поскольку они могут привести к повреждению механики.

МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ НЖМД

При всех сложностях, производители НЖМД стремятся обеспечить надежность хранения данных пользователя. Для этого применяются различные методы и технологии.

Технология S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology — самоконтроль, анализ и отчет) призвана донести до пользователя информацию о состоянии основных параметров накопителя. Многие BIOSы материнских плат поддерживают анализ этих параметров при включении компьютера, и в случае преодоления каким-либо важным параметром критической границы выводится информационное сообщение при загрузке компьютера. Это не означает, что накопитель немедленно перестанет работать, но принять меры в такой ситуации необходимо, например, следует выполнить резервное копирование данных. Если BIOS компьютера не поддерживает анализ параметров S.M.A.R.T., можно использовать внешнюю диагностическую программу, запускаемую в операционной системе, например SMART Vision.

Практически во всех накопителях применяется технология, обеспечивающая скрытие появившихся

дефектов непосредственно во время работы (см. РЭТ №3, 2003 г.). Особенности ее реализации отличаются в разных моделях накопителей, но принцип работы один и тот же. Если операционная система обращается к сектору, который не может быть прочитан или записан, то контроллер, если это возможно (хватает резерва), заменит поврежденный сектор на сектор из резервной зоны, т.е. переназначит его (assign). Таблица переназначенных секторов хранится в служебной зоне накопителя и при включении питания загружается в ОЗУ контроллера.

К технологиям защиты от сбоев относится появление во всех накопителях датчиков ударов – специальных пьезокерамических приборов, генерирующих импульс при механическом воздействии. Путем фильтрации импульсов, снимаемых с датчика, можно выделить ударное воздействие, при обнаружении которого контроллер осуществляет парковку головок. Датчик ударов устанавливается под углом 45 градусов к боковой поверхности корпуса.

В последних моделях НЖМД широко используются датчики температуры платы и блока головок. Данные о температуре обрабатываются процессором накопителя, и в случае превышения допустимого значения накопитель останавливает свою работу. В некоторых моделях накопителей информация о температуре является атрибутом S.M.A.R.T., и существуют программы (обычно их можно загрузить с Интернет-страницы производителя), обеспечивающие к ней доступ пользователя.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОТЫСКАНИЯ НЕИСПРАВНОСТИ

НЖМД является сложным устройством, соединяющим последние достижения микроэлектроники, микромеханики, технологии магнитной записи и теории кодирования. Без специальных знаний, специального оборудования, инструментов и приспособлений, без специально оборудованного помещения (чистой зоны) полноценный ремонт НЖМД невозможен. Тем не менее, специалист по компьютерной технике вполне может произвести первичную диа-гностику НЖМД и устранить простейшие неисправности, используя программное обеспечение, предлагаемое производителями жестких дисков.

При отсутствии специального диагностического оборудования и программного обеспечения, первичную диагностику НЖМД можно произвести, подключив его к отдельному блоку питания. Диагностическим прибором в данном случае является слух оператора. При включении питания НЖМД выполняет раскручивание шпиндельного двигателя, при котором слышен нарастающий звук (4...7 с), затем следует щелчок при выводе головок из зоны парковки и очень характерный потрескивающий звук, сопровождающий процесс рекалибровки (1...2 с).

Выполнение рекалибровки свидетельствует как минимум об исправности схемы сброса, тактового генератора, микроконтроллера, схемы управления шпиндельным двигателем и системы позиционирования, канала чтения преобразования данных, а также об исправности магнитных головок (как минимум одной – при помощи которой происходит процесс инициализации) и сохранности служебной информации накопителя.

Для дальнейшей диагностики НЖМД подключается к порту Secondary IDE, и в BIOS, в процедуре SetUp, необходимо выполнить автоматическое определение подключенных накопителей. В случае распознавания модели диагностируемого НЖМД, загружается операционная система и запускается диагностическое программное обеспечение. Загрузку ОС можно осуществлять с исправного НЖМД, подключенного к порту Primary IDE, или с гибкого диска. Простейшая диагностика заключается в попытке создания раздела на диагностируемом накопителе (при помощи программы FDISK) и процедуре последующего форматирования (Format d:/u). При форматировании под управлением ОС DOS или Windows физического форматирования не производится, а выполняется процедура верификации поверхности, по окончании которой создается структура, выбранная для раздела файловой системы. Если при форматировании (верификации) будут обнаружены дефекты, то информация о них будет выведена на экран компьютера. Детальную диагностику НЖМД осуществляют специальные программы, рекомендованные производителем и размещенные на соответствующих Интернет-страницах (см. таблицу).

Все эти программы осуществляют тестирование в обычном (пользовательском) режиме работы без перевода НЖМД в технологический режим, поэтому имеют весьма ограниченные возможности. Специализированные диагностические программы отличаются на порядок, но распространяются только по сервисным центрам и дилерам.

Проиллюстрируем поиск неисправности в схеме управления шпиндельным двигателем на примере НЖМД типа Caviar фирмы Western Digital.

Приведенная на рис. 1 принципиальная схема относится к семействам WDAC32500 и WDAC33100, с учетом всех номиналов и порядковых номеров элемен-

Адреса размещения диагностических программ различных производителей

Производитель	Адрес
Fujitsu	http://www.fel.fujitsu.com/home/drivers.asp?L=en&CID=1
Western Digital	http://support.wdc.com/ru/download/
Samsung	http://www.samsung.com/Products/HardDiskDrive/utilities/index.htm
Seagate	http://www.seagate.com/support/software/
Maxtor	http://www.maxtor.com/en/support/downloads/powermax.htm
IBM (новое название HGST)	http://www.hgst.com/hdd/support/download.htm

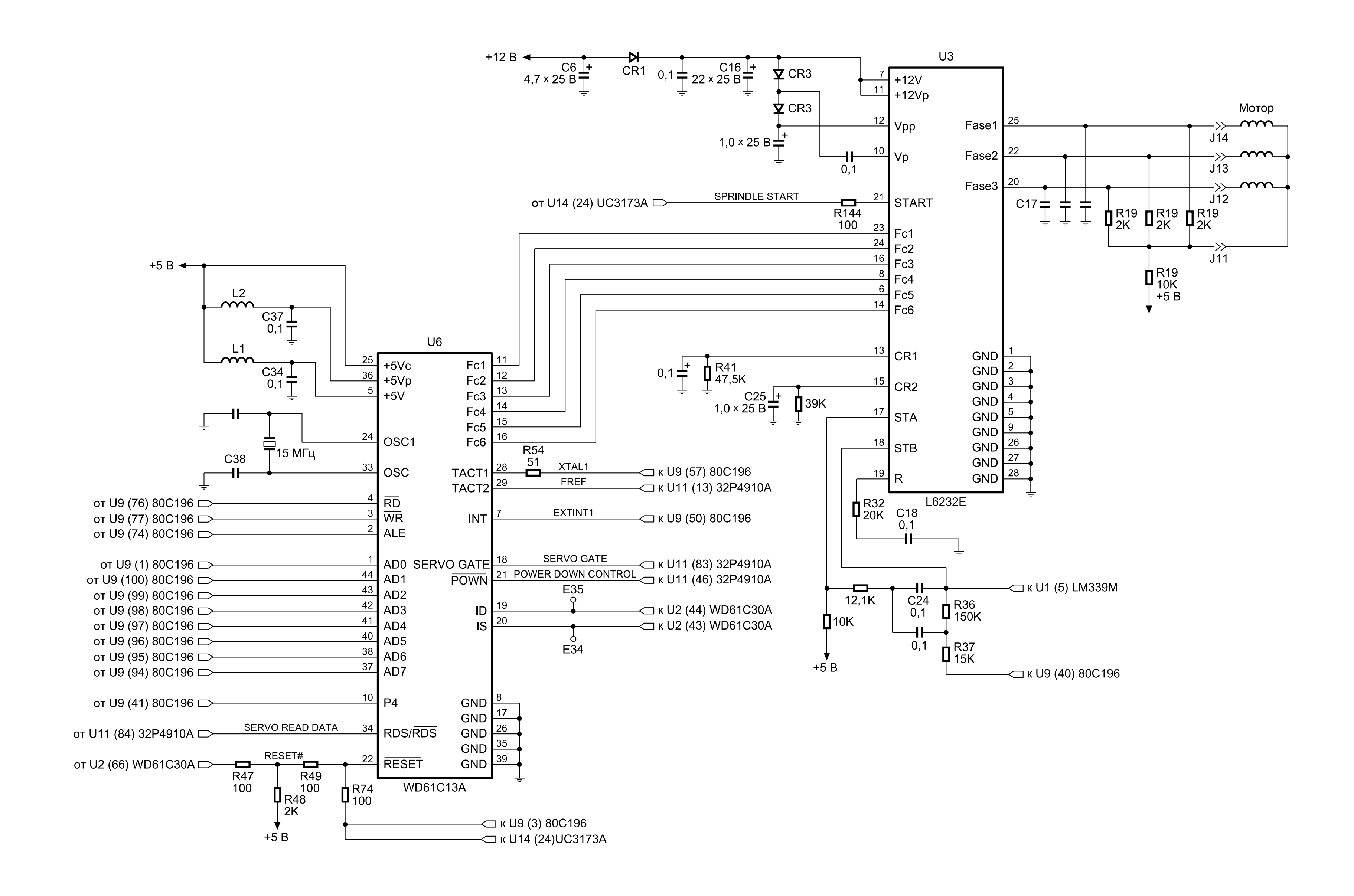


Рис. 1. Принципиальная схема управления шпиндельным двигателем НЖМД семейств WDAC 32500 и WDAC 33100

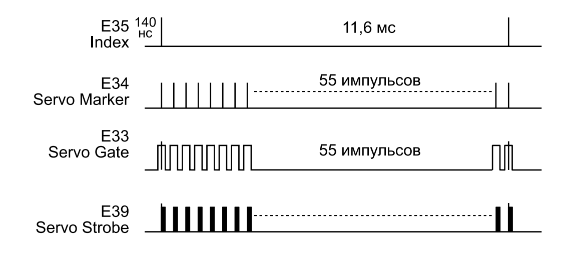


Рис. 2. Сервосигналы в основных контрольных точках

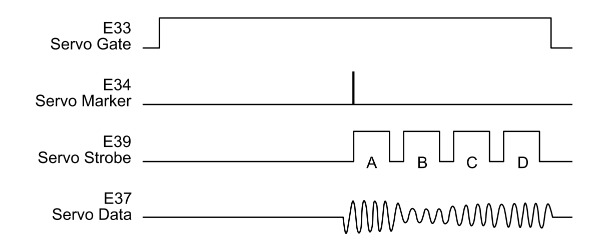


Рис. 3. Осциллограммы в области сервометки

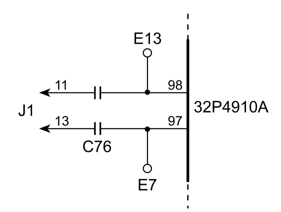


Рис. 4. Расположение контрольных точек E7 и E13

тов, но она может использоваться и для ремонта накопителей WDAC2340, WDAC2420, WDAC2540, WDAC2700, WDAC2850, WDAC33100, WDAC31200, WDAC21200, WDAC31600 без соответствия номиналов и порядковых номеров элементов.

Если при включении питания накопителя *шпиндельный двигатель не запускается*, необходимо убедиться в исправности гермоблока, подключив к нему исправную плату электроники. Если такой возможности нет, то проверяют сопротивление обмоток (фаз) шпиндельного двигателя, которое должно составлять примерно 2 Ом относительно среднего вывода, а затем переходят к поиску неисправности на плате управления. Иногда запуск шпиндельного двигателя невозможен из-за прилипания магнитных головок к дискам.

Для поиска неисправности на *плате электроники* необходимо снять ее с гермоблока и подключить к внешнему блоку питания, расположив плату на рабочем столе элементами вверх. Для работы потребуется двухлучевой осциллограф с полосой пропускания не менее 50 МГц.

После включения питания необходимо измерить питающие напряжения +5 В и +12 В на соответствующих выводах микросхем U3, U6 (см. рис. 1) и проверить возбуждение кварцевого резонатора (выводы 24, 33 ИМС U6). Затем следует убедиться в наличии тактовых импульсов, подаваемых на управляющий микропроцессор U9 и канал чтения U11 (выводы 57 и 13 соответственно), и в отсутствии сигнала RESET (активный уровень – «лог. 0»). Если эти сигналы в норме, микропроцессор запускается и производит процедуру инициализации, при которой программируются все ИМС, находящиеся на внутренней шине данных. Косвенно проверить работоспособность микропроцессора можно по наличию импульсов управления ALE, RD#, WR#, импульсов на шине данных и т.д.

Для проверки схемы управления шпиндельным двигателем включают режим развертки осциллографа 10 мс/дел. и масштаб вертикального отклонения 2 В/дел. (желательно использовать входной делитель 1 : 10). После включения питания контролируют наличие импульсов запуска двигателя амплитудой 11...12 В на трех обмотках (контакты J14, J13, J12). Схема управления пытается запустить двигатель в течение 1...2 минут, затем отключается. После этого необходимо выключить и снова включить питание или подать команду RESET, закоротив пинцетом линии 1 и 2 на интерфейсном разъеме. Если на какой-либо фазе напряжение меньше 10 В – неисправна микросхема U3. При таком дефекте шпиндельный двигатель, скорее всего, раскручивается, но не может набрать номинальные обороты, поэтому магнитные головки не выводятся из зоны парковки. Контролировать скорость вращения шпиндельного двигателя можно по импульсам INDEX в контрольной точке E35 (при установленной на гермоблок плате). Период следования импульсов INDEX составляет примерно 12 мс, ширина импульса 140 нс. Микросхема U3 управляется синхроконтроллером U6 и сигналом запуска шпиндельного двигателя SPINDLE START (старт – «лог. 1», останов – «лог. 0»).

Распределением фаз «занимается» микросхема U6 (выводы Fc1...Fc6), амплитуда сигналов управления соответствует уровням TTL. Обратная связь по скорости вращения осуществляется при помощи ИМС канала чтения 32P4910A U11 по линии чтения серводанных (SERVO READ DATA). В свою очередь, ИМС синхроконтроллера U6 формирует сигнал поиска сервометки (SERVO GATE) для микросхемы U11.

Сервосигналы в основных контрольных точках показаны на рисунках 2 и 3. Развертку осциллографа необходимо синхронизировать импульсами INDEX или сервомаркера. Сигналы серводанных можно наблюдать в контрольной точке E37, а сигналы чтения данных – в контрольных точках E13 и E7, где видны все поля синхронизации и другая полезная информация. Их расположение показано на рис. 4.

Подробно с работой микросхем обвязки управляющего микропроцессора, канала чтения данных и управления шпиндельным двигателем можно ознакомиться на Интернет-страницах фирм Intel, Silicon Systems Incorporation и SGS-Thomson (соответственно, www.intel.com, www.ssi.com и www.st.com).